

УДК 621.771.011

**О. В. Водопьянова<sup>\*</sup>, Н. А. Страшкова, С. О. Непряхин**<sup>1</sup> Уральский федеральный университет, г. Екатеринбург<sup>\*</sup>*ol.vodopianova@gmail.com*

## ВЛИЯНИЕ РАССОГЛАСОВАНИЯ СКОРОСТЕЙ ПРИ НЕПРЕРЫВНОЙ ПРОКАТКЕ НА ПЛАСТИЧНОСТЬ МЕТАЛЛА

В работе выполнен анализ изменения ресурса пластичности в зависимости от отклонения действующего скоростного режима прокатки от согласованного. Показано, что наибольшая вероятность образования трещин возникает на свободной поверхности проката, поскольку там преобладают растягивающие напряжения.

*Ключевые слова:* деформируемость, ресурс пластичности, напряженно-деформированное состояние, степень деформации, непрерывная прокатка

**O. V. Vodopianova, N. A. Strashkova, S. O. Nepryakhin**

## THE INFLUENCE OF THE MISMATCH OF SPEED UNDER CONTINUOUS ROLLING ON THE DUCTILITY

The analysis of changes in the resource plasticity depending on the deviation of the rolling speed from the mathed mode. It is shown that the greatest probability of formation of cracks arises on free surface as there tensile stresses prevail.

*Key words:* deformability, plasticity resource, stress-strain state, strain degree, continuous rolling

В работе произведена оценка деформируемости металла в одинаковых условиях (непрерывная прокатка полосы в трех клетях с калибровкой овал—круг—овал, деформирующий инструмент — идеально жесткие валки, материал заготовки — сталь AISI 1025, температура заготовки — 1030 °С) при различных скоростных режимах: согласованный, с натяжением (снижение скорости в первой клетке на 5 %, 10 % и повышение скорости в третьей клетке на 5 %, 10 %); с подпором (повышение скорости в первой клетке на 5 %, 10 % и снижение скоро-

сти в третьей клетки на 5 %, 10 %); передний подпор и заднее натяжение; заднее натяжение и передний подпор. Для этого в программном комплексе Deform 3D в очаге деформации были сняты следующие характеристики: strain effective ( $\varepsilon_i$ ), stress effective ( $\bar{\sigma}$ ), stress mean, strain rate effective ( $\dot{\varepsilon}$ ).

В настоящее время для оценки НДС в процессах обработки давлением чаще всего используют предложенный В.Л. Колмогоровым показатель напряженного состояния [1–4] в виде:

$$k = \frac{\sigma}{T}, \quad (1)$$

где  $\sigma$  — среднее нормальное напряжение (гидростатическое давление);  $T$  — интенсивность касательных напряжений сдвига по главным осям.

Интенсивность скоростей деформации имеет следующую зависимость от эффективной скорости деформации

$$H = \sqrt{3}\dot{\varepsilon}. \quad (2)$$

Для оценки деформации используют величину интенсивности деформаций сдвига  $\Lambda_i$ . Между степенью деформации сдвига  $\Lambda_i$  и  $\varepsilon_i$  также существует связь [5]

$$\varepsilon_i = \frac{1}{\sqrt{3}} \cdot \Lambda_i. \quad (3)$$

Пластичность стали AISI 1025 зависит от температурно-скоростных условий деформирования и показателя напряженного состояния, данная зависимость приведена в уравнении реессии (3) [6].

$$\Lambda_p = 2,58 + 3,1 \left( \frac{\theta}{1000} \right)^2 - 0,73 \frac{\theta}{1000} \ln \frac{H}{\sqrt{3}} - 0,65 \frac{\sigma}{T} + 0,1 \frac{\sigma}{T} \ln \frac{H}{\sqrt{3}}, \quad (4)$$

где  $\theta$  — температура деформации.

Таким образом, рассчитав  $\Lambda$ , можно оценить степень деформируемости металла (ресурс пластичности  $\psi$ ) при прокатке в различных калибрах из ограничения [1]

$$\psi = \Lambda / \Lambda_p < 1. \quad (5)$$

С целью оценки степени деформируемости на основе моделирования были определены степень использования ресурса пластичности для различных скоростных режимов при прокатке; усредненные значения показателя напряженного состояния  $\kappa$  и накопленной степени

деформации  $\Lambda$ , характерные для линий течения материала полосы вдоль длины очага деформации в центре раската, боковой поверхности в разъеме калибра и на контактной поверхности.

Параметр  $\chi$  имеет наибольшие значения на боковой поверхности, а наименьшие — на контактной, что связано с превалированием на поверхности соответственно растягивающих и сжимающих напряжений [5]. Из полученных результатов расчетов  $\psi$  следует, что на боковой поверхности ресурс пластичности стали AISI-1025 используется в среднем на 8,4...10,4 %, на контактной — на 10,8 ...20,7 % а в центре полосы — на 11...11,9 %. Поэтому, даже принимая во внимание заличивание деформационной поврежденности при статической рекристаллизации [6], можно ожидать значительного исчерпания пластических свойств в многопроходном процессе.

Анализ результата показывает, что в целом наибольшая деформируемость будет при следующем скоростном режиме — заднее натяжение и передний подпор 5 %, наименьшая деформируемость — при заднем подпоре 5 %, на контактной поверхности  $\psi$  равно 0,207 и 0,108 (снижение на 9,9 %) соответственно.

### Литература

1. Колмогоров В. Л. Механика обработки металлов давлением / В. Л. Колмогоров. Екатеринбург : Изд-во Уральского ГТУ, 2001. 836 с.
2. Огородников В. А. Оценка деформируемости металлов при обработке давлением. Киев : Вища школа, 1983. 174 с.
3. Саломыкин В. В. Оценка калибровки валков по ресурсу пластичности металла и энергетическим затратам на деформацию // Сталь. 2014. № 7. С. 56—58.
4. Румянцев М. И. К вопросу учета ограничения по деформируемости металла при разработке режимов холодной прокатки // Калибровочное бюро. 2014. № 4. С. 33—43.
5. Постыляков А. Ю., Инатович Ю. В., Логинов Ю. Н. Сравнительный анализ деформируемости металла при прокатке в калибрах простой формы // Производство проката. 2019. № 2. С. 12—15.
6. Пластичность и разрушение / В. Л. Колмогоров [и др.]. М. : Металлургия, 1977. 336 с.